NursRxiv
DOI：10. 12209/issn2708-3845. 20230425003

ICU机械通气患者心脏骤停风险预测模型的构建及应用研究

邵茜茜，郭林林，蒋婷婷
（郑州大学第一附属医院 呼吸内科，河南 郑州，450052）

摘要：目的 探讨影响心脏骤停风险的因素，并建立Logistic回归预测模型。**方法** 选取2019年9月—2020年1月医院收治的行机械通气的238例患者作为研究对象，将心脏骤停组（n=72）和非心脏骤停组（n=166）的各项因素进行对比，通过Logistic回归分析建立风险预测模型，并通过ROC曲线检验模型的预测效果。**结果** 本研究共纳入心律失常、低氧血症、酸碱失衡、感染性休克、心脏骤停病史、多器官功能障碍综合症6个影响因素构建风险预测模型。本研究的ROC下面积为0. 909，当最佳界值为0. 343时，灵敏度为0. 819，特异度为0. 855。**结论** 本模型预测效果良好，适用于临床实践，在机械通气患者中应用此模型可为临床医护人员及时采取预防性管理措施提供参考。

关键词： ICU；机械通气；心脏骤停；预测

The development and application of a risk prediction model for cardiac arrest in ICU patients with mechanical ventilation

SHAO Qianqian，GUO Linlin，JIANG Tingting
（*Department of Respiratory Medicine*，*The First Affiliated Hospital of Zhengzhou University*，*Zhengzhou*，*Henan*，450052）

ABSTRACT：Objective To investigate the risk factors of cardiac arrest and to establish the logistic regression model. **Methods** Totally 238 patients with mechanical ventilation in a tertiary hospital were selected from September，2019 to January，2020. Multiple indicators of cardiac arrest group（n=72）and non-cardiac arrest group（n=166）were compared. Logistic regression was used to establish a risk prediction model，and the model power and its accuracy were evaluated by receiver operating characteristic. **Results** The study finally included arrhythmia，hypoxemia，acid-base imbalance，septic shock，history of cardiac arrest，multiple organ dysfunction syndrome to construct the risk prediction model. This model's area under curve of receiver operating characteristic was 0. 909. When the best predicted probability was 0. 343，the sensitivity and specificity of the logistic model were 0. 819 and 0. 855，respectively. **Conclusion** The risk prediction model has satisfactory prediction effects and can be used to predict the risk of cardiac arrest in patients with mechanical ventilation，providing the reference for management and preventative treatment for high-risk cardiac arrest patients.

KEY WORDS： ICU；mechanical ventilation；cardiac arrest；forecasting

心脏骤停指患者心脏射血功能突然停止，大动脉搏动消失，呼吸和循环停止，致死率高。国内一项研究[1]显示，在所有病因所致心脏骤停患者中，经抢救恢复自主循环率仅为27. 5%。机械通气是一种利用机械辅助通气，改善患者重症呼吸衰竭的治疗措施。但机械通气患者多抵抗力低

通信作者：郭林林，E-mail：13613855446@163. com

下，存在电解质和酸碱平衡紊乱等并发症。国外研究[2]显示，机械通气是患者死亡的独立预测因子。以往研究中[3-4]，将机械通气患者死亡危险因素作为医护人员实施干预措施以及判断预后的重要依据，以提高机械通气患者存活率。因此，有必要积极探索符合机械通气患者心脏骤停发生特点的预测工具，帮助医护人员评估并提前采取治疗、护理措施，减少心脏骤停发生率。但是，目前针对机械通气患者心脏骤停风险预测模型研究较少，本研究旨在构建机械通气患者心脏骤停风险预测模型，进一步为预测及管理机械通气患者心脏骤停发生风险提供依据。

1　资料与方法

1.1　一般资料

采取便利抽样法，调查2019年9月—2020年1月就诊于某三级甲等医院综合医院ICU行机械通气的患者。纳入标准：年龄≥18岁；机械通气时间≥24 h。排除标准：病历资料不全者。

本研究共纳入238例机械通气患者，其中，男141(59.24 %)例，女97(40.76 %)例，年龄19～87岁，平均(56.46±12.09)岁。共72(30.25 %)例发生心脏骤停。

1.2　方法

1.2.1 影响因素的纳入：影响因素的确定主要建立在急性生理学与慢性健康状况评分系统Ⅱ(APACHE Ⅱ)评估内容的基础上。通过对该系统的应用并结合文献回顾[5-7]分析以及研究小组讨论，最终确定了机械通气患者心脏骤停的影响因素，共12项，包括年龄、平均动脉压、心律失常、呼吸异常、低氧血症、酸碱失衡、电解质紊乱、血细胞比容异常、感染性休克、心脏骤停病史、糖尿病、多器官功能障碍综合症(MODS)。以是否发生心脏骤停作为因变量，上述12项影响因素作为自变量，制作成资料收集表单进行下一步的数据收集。

1.2.2 影响因素测量标准：患者转入ICU后即进行资料的收集，部分影响因素的测量方法及判断标准如下[8]。①平均动脉压(MAP)：即MAP=(收缩压+2×舒张压)/3。②：心律失常：患者心脏搏动的频率或节律异常均为心律失常。③呼吸异常：呼吸＞24次/分或＜10次/min为频率异常；潮式呼吸、间断呼吸等为节律异常。④：低氧血症：动脉血氧分压(PaO_2)＜83 mmHg为低氧血症。⑤电解质紊乱：血浆钠离子浓度正常值为135～145 mmol/L，钾离子正常值3.5～5.5 mmol/L，钙离子2.25～2.75 mmol/L，超出范围为电解质紊乱。⑥血细胞比容：正常值为男性0.40～0.50，女性0.37～0.48。

1.2.3 资料收集方法：研究所涉及的影响因素在患者进入ICU后开始收集，如患者发生心脏骤停则停止评估，如未发生心脏骤停则继续评估，直至其结束在ICU的治疗为止。对参与研究者进行统一培训，内容包括：收集资料的时间、不同影响因素及其分类所代表的意义、不同影响因素的判断标准及资料收集表单的记录方法，本研究共有9名护士参与资料收集。

1.3　统计学方法

采用SPSS 19.0软件对录入数据统计分析，计量资料用均数±标准差($\bar{x}\pm s$)表示，两组间比较采用t检验；计数资料采用频数、百分率(%)表示，组间比较采用χ^2检验；采用Logistic回归方程构建风险预测模型，用ROC曲线下面积检验模型预测效果。

2　结果

2.1　患者发生心脏骤停的单因素分析

根据是否发生心脏骤停将患者分为心脏骤停组(n=72)和非心脏骤停组(n=166)。为避免在单因素分析中无明显统计学差异，而在多因素分析可能有意义的影响因素，以P≤0.1为差异有统计学意义[9]。两组心律失常、感染性休克、低氧血症、MODS、酸碱失衡、血细胞比容异常、糖尿病、心脏骤停病史差异有统计学意义(P≤0.1)，见表1。

2.2　患者发生心脏骤停风险的多因素分析

以单因素分析中有统计学意义的因素作为自变量，以是否发生心脏骤停作为因变量，进行Logistic回归分析，赋值如下，心律失常：0=无，1=有；休克：0=无，1=有；低氧血症：0=无，1=有；MODS：0=无，1=有；酸碱失衡：0=无，1=有；血细胞比容异常：0=否，1=是；糖尿病：0=无，1=有；心脏骤停病史：0=无，1=有。患者心脏骤停风险的Logistic回归分析结果见表2。分析结果显示，心律失常、感染性休克、低氧血症、MODS、酸碱失衡、心脏骤停病史是影响机械通气患者心脏骤停的独立危险因素。最终得到回归方程如下：心脏骤停的概率(P)=$e^x/(1+e^x)$[10]，其中e为自然对数，X=—4.421+1.216×心律失常的赋值+1.684×休克的赋值

表 1　心脏骤停影响因素单因素分析结果[n(%)]

影响因素		心脏骤停组(n=72)	非心脏骤停组(n=166)	χ^2	P
心律失常	有	35(48.61)	48(28.92)	8.577	0.003
	无	37(51.39)	118(71.08)		
感染性休克	有	36(50.00)	29(17.47)	21.130	<0.001
	无	36(50.00)	137(82.53)		
低氧血症	有	48(66.67)	37(22.29)	33.597	<0.001
	无	24(33.33)	129(77.71)		
MODS	有	18(25.00)	11(6.63)	15.844	<0.001
	无	54(75.00)	155(93.37)		
酸碱失衡	有	55(76.39)	57(34.34)	26.061	<0.001
	无	17(23.61)	109(65.66)		
血细胞比容异常	有	32(44.44)	53(31.93)	3.427	0.064
	无	40(55.56)	113(68.07)		
糖尿病	有	15(20.83)	20(12.05)	3.090	0.079
	无	57(79.17)	146(87.95)		
心脏骤停病史	有	14(19.44)	3(1.81)	23.552	<0.001
	无	58(80.56)	163(98.19)		

+2.288×低氧血症的赋值+2.875×MODS的赋值+1.841×酸碱失衡的赋值+2.343×心脏骤停病史的赋值。

2.3　对机械通气患者发生心脏骤停风险预测模型效果的分析

采用ROC曲线检验心脏骤停风险影响因素预测模型的预测效果，以Youden指数最大值对应点为模型的最佳临界值[11]。测得ROC曲线下面积为0.909，95%CI(0.869，0.949)，Youden指数最大值为0.674，最佳界值为0.343，灵敏度为0.819，特异度为0.855，见图1。

3　讨论

3.1　构建心脏骤停影响因素预测模型的意义

ICU机械通气患者心脏骤停发生率高，具有高致死率，提示对机械通气患者心脏骤停发生前进行早期评估与预防具有积极意义。既往关于心脏骤停风险研究，局限于危险因素、预后、早期活动干预的探究，缺乏对机械通气患者的心脏骤停

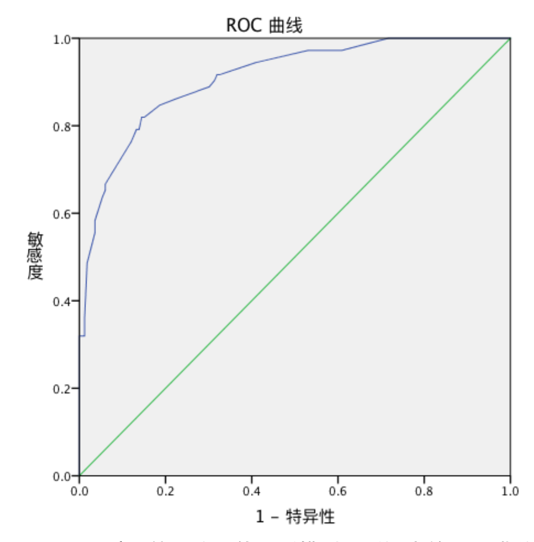


图1　心脏骤停风险评估预测模型预测概率的ROC曲线

风险预测模型研究，不利于降低机械通气患者的院内病死率。

心脏骤停风险预测模型的构建，把医护人员的视角由患者发生心脏骤停后的抢救，转为在患者进入ICU治疗之初即开始进行有目的的预防干预。本预测模型将机械通气患者心脏骤停相关危险因素与心脏骤停的关系直观地展现在公式中，利于医护人员发现患者发生心脏骤停的潜在风险。本预测模型可为医护人员应对患者存在心脏骤停危险因素时提供干预措施，如纠正低氧血、纠正酸碱失衡等。依据预测模型对心脏骤停高风险患者进行早期识别、干预，有利于降低机械通气患者病死率，改善预后及生存质量，提高医护人员工作效率。

3.2　机械通气患者心脏骤停风险预测模型的危险因素分析

3.2.1 心肺功能不全的患者易发生心脏骤停：本研究显示，心律失常、低氧血症差异具有统计学意义($P≤0.1$)，这表示心肺功能损害程度越严重的患者，死亡风险越高，这与既往研究[12]基本一致。需要机械通气的患者，往往伴随严重的低氧血症，机械通气是对各种呼吸衰竭和心衰治疗的有效治

表 2　预测患者心脏骤停风险的多因素分析结果

因素	β值	标准误	Wald值	P	OR	95%CI
常量	-4.421	0.569	60.448	<0.001	0.012	-
心律失常	1.216	0.425	8.187	0.004	3.374	1.467~7.762
感染性休克	1.684	0.445	14.322	<0.001	5.387	2.252~12.886
低氧血症	2.288	0.437	27.373	<0.001	9.853	4.182~23.217
MODS	2.875	0.682	17.797	<0.001	17.734	4.662~67.452
酸碱失衡	1.841	0.437	17.768	<0.001	6.305	2.678~14.843
心脏骤停病史	2.343	0.983	5.681	0.017	10.415	1.516~71.528

疗措施,但同时也对气管、肺泡上皮细胞造成刺激,使其在损伤下活化,促进炎症因子的释放,引发全身炎症反应综合症,且机械通气会造成心输出量下降[13]。因此,医护人员应注意评估患者心肺功能,检测患者心律及血氧含量的变化,改善患者的心肺功能,及时纠正患者的心律失常、低氧血症。

3.2.2　感染性休克患者易发生心脏骤停　发生感染性休克的患者心脏骤停的风险是未发生的5.387倍(OR=5.387)。这与机械通气患者往往存在严重的肺部感染有关。研究[14]表明,感染性休克的患者死亡率高达67.2%。ICU患者大多病情危重,患者抵抗力低下以及机械通气的应用,导致患者极易发生呼吸机相关肺炎(VAP),增加患者住院天数、病死率升高,易发生感染性休克[15]。因此,医护人员要密切观察机械通气患者的体温变化,积极采取措施预防及处理VAP,防止患者出现感染性休克。

3.2.3 多脏器功能不全综合症患者易发生心脏骤停:MODS是患者死亡的高危因素[16]。吕苏等[17]对16家三级甲等医院的MODS患者研究发现,MODS的发病率为5.0%,病死率为52.2%。其中,感染、休克、创伤、心肺复苏术后、重症胰腺炎是MODS的主要发病原因,且有研究显示,并发MODS后的病死率高[18]。Barie等[19]的研究显示,MODS的死亡率占ICU总死亡率的50%~80%,发生MODS的死亡率是未发生的20倍。本研究显示,发生MODS的机械通气患者心脏骤停风险是未发生的17.734倍(OR=17.734)。与国内外的文献报道大致相符。研究[17]显示,原发病因感染中,肺部感染的比例高达74.3%,其中感染导致MODS的病死率为71.4%,且MODS病死率最高的受累器官是肺。因此,加强机械通气患者各个脏器尤其是肺器官功能的监测,早期防治MODS是降低心脏骤停发生率的关键。

3.2.4 酸碱失衡患者易发生心脏骤停:研究发现[20],机械通气患者酸碱失衡以呼吸性酸中毒最多见,以缺氧和二氧化碳潴留为主要表现。李功科等[21]的研究显示,呼吸性酸中毒占酸碱失衡类型的30.2%,本研究中,呼吸性酸中毒占比34.3%,与文献报道接近。当患者发生酸碱失衡时,不仅会对中枢神经系统造成影响,同时会出现电解质紊乱,使心肌收缩乏力,心脏射血分数下降,致使患者发生心脏骤停。同时,机械通气患者若呼吸机参数设置不合理,会出现通气不足或过度通气的情况,更易造成酸碱失衡,增加机械通气患者死亡率[22]。因此,医护人员应加强对机械通气患者内环境的监测,及时调整呼吸机参数,纠正患者的酸碱失衡,维持内环境稳定。

3.2.5 有心脏骤停病史患者易发生心脏骤停:心脏骤停患者复苏成功后,患者的死亡率依然较高。且常存在复苏综合症,包括脏器功能不全、脑功能丧失等[23]。提示患者心肺复苏成功后,仍存在心脏骤停的风险。本研究显示,心脏骤停病史是机械通气患者心脏骤停的危险因素(OR=10.415)。因此,针对患者心脏骤停发作原因,实施有效的干预方案,对预防心脏骤停复发起重要作用。

3.3　机械通气患者心脏骤停风险预测模型的预测效果较好

本研究采用ROC曲线进行预测模型拟合效果分析,ROC曲线下面积>0.9,表示预测价值极好[24]。本研究ROC曲线下面积为0.909,表明所得出的机械通气患者心脏骤停影响因素预测模型预测效果理想,最佳界值为0.343,灵敏度为0.819,特异度为0.855,表示其对机械通气患者是否发生心脏骤停的鉴别效果较好。

本研究血细胞比容异常、糖尿病在单因素分析结果中具有统计学意义,但未进入模型的原因可能与研究设计、个体差异等有关,如血细胞比容水平不一致,也可能因两组例数差距较大,导致某些危险因素的统计效能降低,结果存在一定偏倚。

3.4　机械通气患者心脏骤停风险预测模型对临床应用的建议

根据本模型可在机械通气患者进入ICU后,进行心脏骤停相关影响因素的风险评估。针对机械通气时间>24 h的患者,医护人员可在患者病情加重前后收集最近一次的血气分析结果,完成资料收集及风险评估。当评分≥0.343时,表明患者极有可能发生心脏骤停,有必要系统性地评估患者的病情和诱因,提出针对性干预措施,避免患者心脏骤停。此外,当与本预测模型指标存在直接或间接联系的危险因素发生变化时,应适时增加评估次数,及时采取干预措施去除这些危险因素,避免心脏骤停的发生。

综上所述,本研究构建了机械通气患者心脏骤停风险预测模型,在机械通气患者住院期间均可使用,且影响因素数据获取方便、快捷,模型具有良好的预测价值,可为机械通气患者心脏骤停

风险评估与临床防治工作提供参考。但本研究的部分影响因素发生概率低,样本较少,可能导致结果偏倚;且本研究未进行临床验证,其实际预测能力有待进一步验证。

利益冲突声明:作者声明本文无利益冲突。

参考文献

[1] 郑康, 马青变, 王国兴, 等. 心脏骤停生存链实施现状及预后因素研究[J]. 中华急诊医学杂志, 2017, 26(1): 51-57.
ZHENG K, MA Q B, WANG G X, et al. The status of implementation of chain of survival and factors impacting on the outcome of cardiac arrest patients[J]. Chin J Emerg Med, 2017, 26(1): 51-57. (in Chinese)

[2] KANG C I, SONG J H, KIM S H, et al. Risk factors and pathogenic significance of bacteremic pneumonia in adult patients with community-acquired pneumococcal pneumonia[J]. J Infect, 2013, 66(1): 34-40.

[3] TAITO S, YAMAUCHI K, TSUJIMOTO Y, et al. Does enhanced physical rehabilitation following intensive care unit discharge improve outcomes in patients who received mechanical ventilation? A systematic review and meta-analysis[J]. BMJ Open, 2019, 9(6): e026075.

[4] 杨丽平, 张志刚, 张彩云, 等. 早期活动对机械通气患者病死率影响的累积*Meta*分析[J]. 中华护理杂志, 2019, 54(6): 843-849.
YANG L P, ZHANG Z G, ZHANG C Y, et al. Effects of early mobilization on mortality in patients with mechanical ventilation in Intensive Care Unit during hospitalization: a cumulative meta-analysis[J]. Chin J Nurs, 2019, 54(6): 843-849. (in Chinese)

[5] MIANJUN C , JUN C , DEMIN T, et al. Pathogenic distribution and risk factors of death in elderly patients with severe pneumonia[J]. China Trop Med, 2017, 17(9): 915-920.

[6] 赖敏, 吴桂辉, 陈洪德, 等. 肺结核合并重症肺炎行有创机械通气患者的死亡危险因素分析[J]. 临床肺科杂志, 2018, 23(1): 115-118.
LAI M, WU G H, CHEN H D, et al. Analysis of death risk factors in patients with pulmonary tuberculosis complicated with severe pneumonia treated with invasive mechanical ventilation[J]. J Clin Pulm Med, 2018, 23(1): 115-118, 122. (in Chinese)

[7] EISNER M D, THOMPSON T, HUDSON L D, et al. Efficacy of low tidal volume ventilation in patients with different clinical risk factors for acute lung injury and the acute respiratory distress syndrome[J]. Am J Respir Crit Care Med, 2001, 164(2): 231-236.

[8] 黄朦朦, 韦梅, 夏敏, 等. 平均动脉压对心搏骤停复苏后患者神经功能预后影响的临床研究[J]. 临床急诊杂志, 2019, 20(6): 450-453.
HUANG M M, WEI M, XIA M, et al. A clinical research of the effect of Mean arterial pressure on the neurological prognosis of patients after resuscitation from cardiac arrest[J]. J Clin Emerg, 2019, 20(6): 450-453, 460. (in Chinese)

[9] 郭琳, 丁焱, 张铮, 等. 分娩时会阴切开决策影响因素预测模型的构建[J]. 中华护理杂志, 2019, 54(10): 1469-1474.
GUO L, DING Y, ZHANG Z, et al. Establishment of predictive model of midwives´ decision on episiotomy during childbirth[J]. Chin J Nurs, 2019, 54(10): 1469-1474. (in Chinese)

[10] 王娜, 李娟, 李霞, 等. 肝硬化患者肝性脑病风险预测模型的构建及应用研究[J]. 中华护理杂志, 2019, 54(6): 805-811.
WANG N, LI J, LI X, et al. The development and application of a risk prediction model for hepatic encephalopathy in patients with liver cirrhosis[J]. Chin J Nurs, 2019, 54(6): 805-811. (in Chinese)

[11] 邢焕民, 吕冬梅, 王晓慧, 等. 术后谵妄风险预测模型的构建及应用[J]. 中华护理杂志, 2019, 54(1): 8-13.
XING H M, LÜ D M, WANG X H, et al. The development and application of a risk prediction model for postoperative delirium in ICU patients[J]. Chin J Nurs, 2019, 54(1): 8-13. (in Chinese)

[12] HOMSY M, GILLION M, LAMS B, et al. Is there a correlation between lung function values and cardiopulmonary exercise outcome? [J]. Lancet, 2013, 381: S50.

[13] 连晓峰. 中长期机械通气患者死亡危险因素分析[J]. 临床医学, 2013, 33(1): 31-32.
LIAN X F. Analysis of risk factors of death in patients with long-term mechanical ventilation[J]. Clin Med, 2013, 33(1): 31-32. (in Chinese)

[14] 刘刚, 江宇, 卢中秋, 等. 感染性休克死亡率和危险因素分析[J]. 中华医院感染学杂志, 2007, 17(10): 1229-1231.
LIU G, JIANG Y, LU Z Q, et al. Mortality and risk factors of septic shock[J]. Chin J Nosocomiology, 2007, 17(10): 1229-1231. (in Chinese)

[15] 陈永强. 呼吸机相关性肺炎与呼吸机集束干预策

略[J]. 中华护理杂志, 2010, 45(3): 197-200.
CHEN Y Q. Ventilator associated pneumonia and ventilator bundle[J]. Chin J Nurs, 2010, 45(3): 197-200. (in Chinese)
[16] KAO R, PRIESTAP F, DONNER A. To develop a regional ICU mortality prediction model during the first 24 h of ICU admission utilizing MODS and NEMS with six other independent variables from the Critical Care Information System (CCIS) Ontario, Canada[J]. J Intensive Care, 2016, 4: 16.
[17] 吕苏. 急诊成人多器官功能障碍综合征的流行病学研究[D]. 太原: 山西医科大学, 2014.
LYU S. Epidemiological study of multiple organ dysfunction syndrome in adults in the Emergency Department[D]. Taiyuan: Shanxi Medical University, 2014.
[18] 费缨. 228例MODS诊治现状的临床调查分析[J]. 医学信息, 2010, 5(10): 2684-2685.
FEI Y. Clinical investigation and analysis of diagnosis and treatment of 228 cases of MODS[J]. Med Inf, 2010, 5(10): 2684-2685. (in Chinese)
[19] BARIE P S, HYDO L J. Epidemiology of multiple organ dysfunction syndrome in critical surgical illness[J]. Surg Infect (Larchmt), 2000, 1(3): 173-185; discussion 185-186.
[20] TERZANO C, DI STEFANO F, CONTI V, et al. Mixed acid-base disorders, hydroelectrolyte imbalance and lactate production in hypercapnic respiratory failure: the role of noninvasive ventilation[J]. PLoS One, 2012, 7(4): e35245.
[21] 李功科. ICU患者并发酸碱失衡及预后分析[J]. 中国民康医学, 2013, 25(19): 49-50.
LI G K. Analysis of acid-base imbalance and prognosis in ICU patients[J]. Med J Chin People's Health, 2013, 25(19): 49-50. (in Chinese)
[22] 温武金, 邓克崇, 曾佩霞, 等. 慢性呼吸衰竭患者酸碱失衡与预后关系的探讨[J]. 中国实用医药, 2014, 9(17): 67-68.
WEN W J, DENG K C, ZENG P X, et al. Relationship between acid-base imbalance and prognosis in patients with chronic respiratory failure[J]. China Pract Med, 2014, 9(17): 67-68. (in Chinese)
[23] 李丽. 90例心肺复苏病人的结局及其危险因素分析[J]. 中西医结合心脑血管病杂志, 2018, 16(10): 1462-1464.
LI L. Analysis of the outcome and risk factors of 90 patients with cardiopulmonary resuscitation[J]. Chin J Integr Med Cardio/cerebrovascular Dis, 2018, 16(10): 1462-1464. (in Chinese)
[24] HANLEY J A, MCNEIL B J. The meaning and use of the area under a receiver operating characteristic (ROC) curve[J]. Radiology, 1982, 143(1): 29-36.